

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

Н.В. Середа, О.О. Чупринін

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання самостійної роботи
та розрахунково-графічного завдання**

„Розтяг-стиск”

з курсу опору матеріалів

**(для студентів 2 курсу денної форми навчання спеціальностей
6.092100 - «Міське будівельне господарство»,
6.092100 - «Теплогазопостачання та вентиляція»,
6.092100 - «Технічне обслуговування, ремонт та
реконструкція будівель»)**

Харків – ХНАМГ – 2008

Методичні вказівки до самостійної роботи та виконання розрахунково-графічного завдання “Розтяг-стиск” з курсу опору матеріалів (для студентів 2 курсу денної форми навчання спеціальностей 6.092100 - «Міське будівельне господарство», 6.092100 - «Теплогазопостачання», 6.092100 - «Технічне обслуговуване, ремонт та реконструкція будівель») / Укл.: Серeda Н.В., Чупринін О.О. – Харків: ХНАМГ, 2008. – 28 с.

Укладачі: Н.В. Серeda, О.О. Чупринін

Рецензент: завідувач кафедри теплохолодопостачання
проф. М.О. Шульга

Рекомендовано кафедрою теоретичної і будівельної механіки,
протокол № 14 від 20.05.08

1. ВСТУП

Опір матеріалів – одна з найважливіших дисциплін, що вивчаються студентами у вищих технічних навчальних закладах.

Користуючись законами теоретичної механіки й відповідним математичним апаратом, опір матеріалів розглядає питання міцності, жорсткості та стійкості машин і споруд.

Ці методичні вказівки призначені для самостійної роботи студентів при підготовці до практичних занять і виконання розрахунково-графічного завдання. Вони містять теоретичні положення і вихідні дані для завдання. Вихідні дані беруть за вказівкою викладача.

Перш ніж приступити до виконання завдання, слід ознайомитися з теоретичним матеріалом, викладеним у цих методичних вказівках та списку літератури.

У роботі прийнята міжнародна система одиниць СІ.

2. ОФОРМЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

1. Роботу виконують на аркушах паперу стандартного формату А4.

2. Обкладинку роблять із щільного паперу для креслення. На титульному аркуші вказують назву й номер розрахунково-графічного завдання, найменування дисципліни, прізвище, ім'я та по батькові студента, його шифр, назву факультету, групу, прізвище та ініціали викладача.

3. Розв'язання кожної задачі слід починати із зазначення її номера, назви, переписати повністю умову задачі, числові дані й навести розрахункову схему.

4. Вирішення задачі має супроводжуватись короткими поясненнями, рисунками та ескізами.

5. Креслення і графіки виконують на міліметровому аркуші обов'язково в певному масштабі. На кресленнях треба вказати буквені позначення і числові значення усіх величин, використаних у розрахунках.

6. Вирішуючи задачу, слід спочатку одержати результат в алгебраїчному вигляді, а потім підставити відповідні числові значення. Одержаний в числовому вигляді результат підкреслити й обов'язково вказати одиниці виміру.

3. ВИХІДНІ ДАНІ Й ЗАВДАННЯ ДО РОБОТИ

ЗАДАЧА 1. Розрахунок статично визначених систем при розтягу-стиску.

Для заданої системи (рис. 1) визначити зусилля у стержнях; підібрати перерізи стержнів, якщо вони виготовлені із сталі $[\sigma]=160$ МПа. Дані взяти з табл. 1.





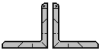




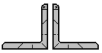




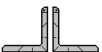

Порядок вирішення задачі.

1. Накреслити розрахункову схему.















2. При визначенні поздовжніх зусиль у стержнях треба користуватися методом перерізів. Уявно перерізуємо стержень; відкидаємо одну частину, заміняємо дію відкинутої частини внутрішніми силами, складаємо рівняння рівноваги для залишеної частини, на яку діють зовнішні й внутрішні сили. Поздовжнє зусилля вважаємо додатним, коли воно розтягує стержень, і від'ємним, коли стискує його.

3. Розмір перерізу стержня підбирають з умов міцності при розтягу – стиску $A > N/[\sigma]$.

Таблиця 1

№ варіанта	a, м	b, м	c, м	d, м	q, кН/м	F, кН	M, кН*м	Переріз
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	2	3	2	5	200	30	
2	1	2,5	2	2,5	10	300	40	
3	1,5	3	3	2	20	400	10	
4	2,5	2,5	2	3	30	100	20	
5	3	3	2,5	1	10	250	30	
6	1,5	2	1,5	2,5	20	350	40	
7	1	3	2,5	1	5	150	50	
8	2	2,5	1	1,5	10	200	30	
9	3	2	1,5	2	20	300	20	
10	2,5	3	1	3	5	100	40	
11	3	2	2	2	5	200	20	
12	2	2,5	1	2,5	10	300	30	
13	3	2	1,5	3	20	400	40	
14	2	3	2,5	2,5	30	100	10	
15	2,5	1	3	3	10	250	25	
16	1,5	2,5	1,5	2	20	350	35	

Продовження табл. 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	2,5	1	1	3	5	150	15	
18	1	1,5	2	2,5	10	200	20	
19	1,5	2	3	2	20	300	30	
20	1	3	2,5	3	5	100	10	
21	3	1	3	2,5	5	200	30	
22	2	2	2	1,5	10	300	40	
23	2,5	1	3	2,5	20	400	10	
24	2	1,5	2	1	30	100	20	
25	3	2,5	2,5	1,5	10	250	30	
26	1	3	1,5	1	20	350	40	
27	2,5	1,5	2,5	2	5	150	50	
28	1	1	1	1	10	200	30	
29	1,5	2	1,5	1,5	20	300	20	
30	2	3	1	2,5	5	100	40	

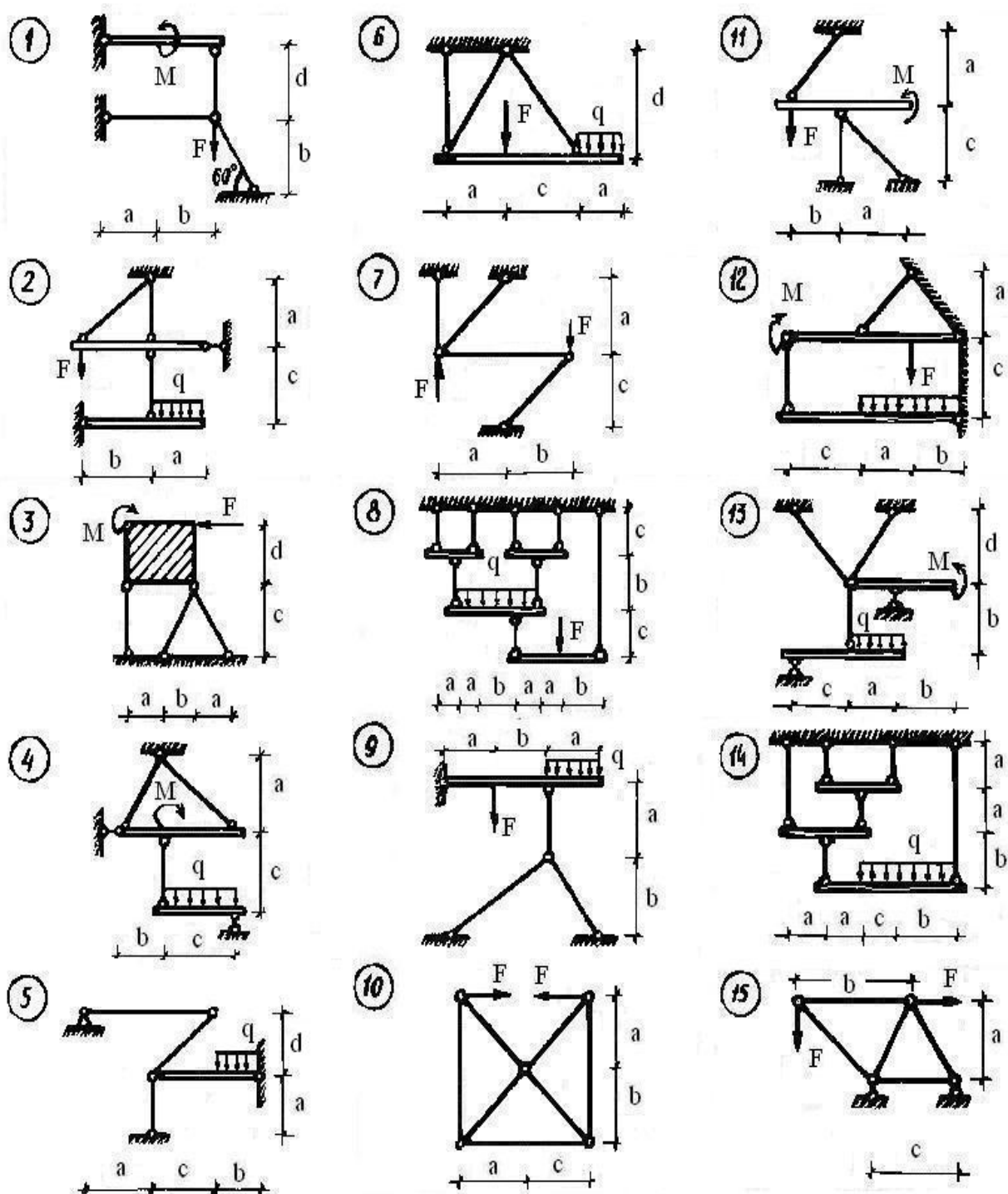


Рис. 1

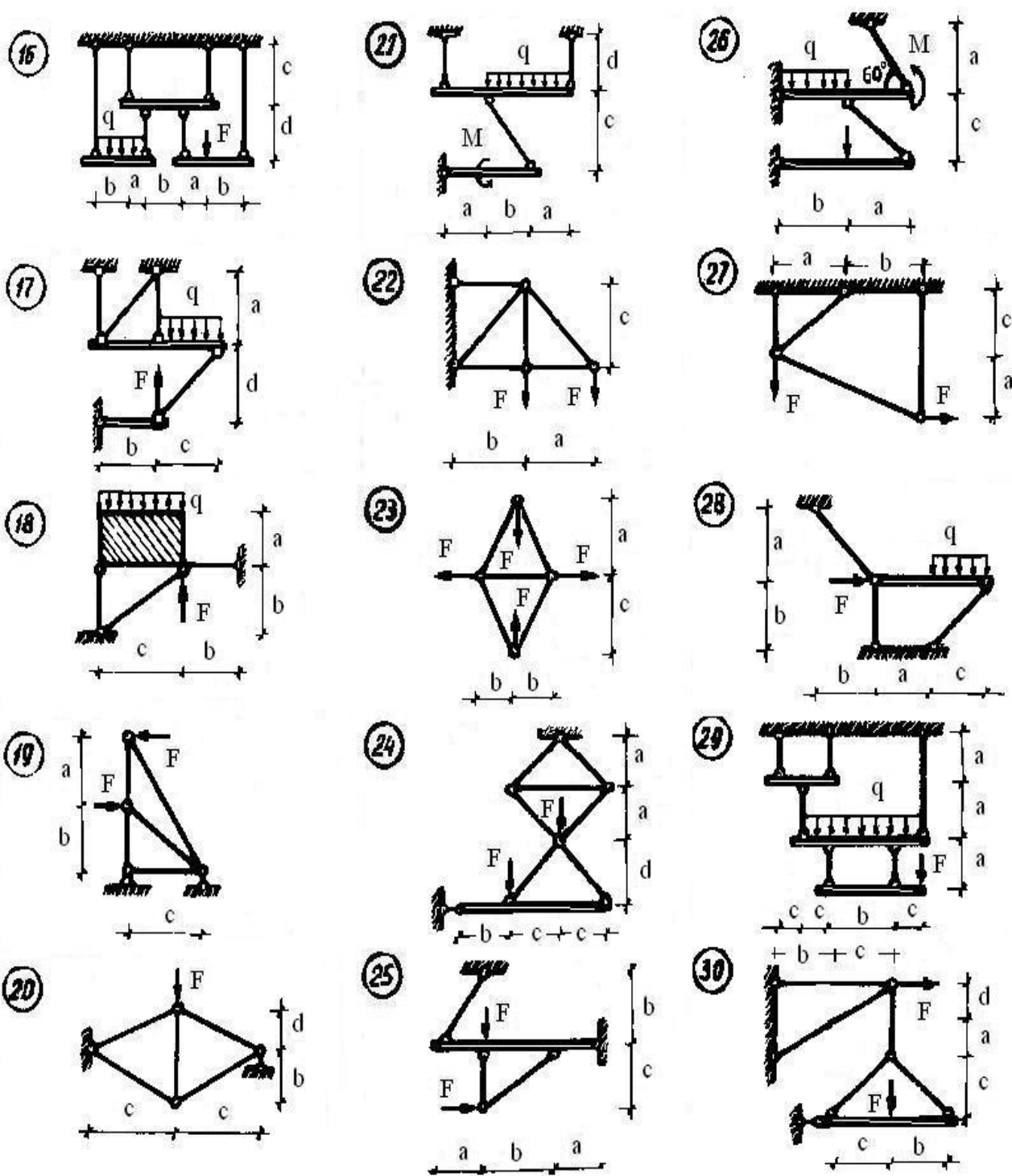


Рис. 1 – Продовження

ЗАДАЧА 2. Розрахунок статично визначених систем, що мають деформації розтягу й стиску.

Для заданого стержня (рис. 2) , враховуючи його власну вагу , визначити зусилля і напруження на кожній ділянці; побудувати епюру поздовжніх сил, нормальних напружень; знайти деформацію (переміщення) перерізу I–I. Потрібні дані взяти з табл. 2, 3

Порядок вирішення задачі:

1. Накреслити розрахункові схему.

2. При визначенні поздовжніх зусиль в перерізах ступінчатого стержня необхідно скористатися методом перерізів. Уявно на кожній з ділянок проводимо перерізи.

Відкидаючи одну з частин стержня і замінюючи її дію внутрішніми силами, складаємо рівняння рівноваги для залишеної частини , на яку діють зовнішні й внутрішні сили.

Поздовжнє зусилля є додатним , коли воно розтягує стержень , і від’ємним , коли його стискує.

3. Нормальні напруження в кожному перерізі визначаються відношенням поздовжнього зусилля до його площі.

4. Переміщення перерізу I–I визначають відносно нерухомого (закріпленого) перерізу, воно залежить від деформації тієї частини стержня , що лежить між перерізом I–I і місцем закріплення.

Подовження або скорочення цієї частини стержня від власної ваги знаходять за формулою

$$\Delta L_G = \frac{G \cdot L}{2EA},$$

де G – власна вага ділянки,

L – довжина ділянки,

E – модуль пружності,

A – площа перерізу.

Вага частини стержня від перерізу I–I до вільного кінця розглядається як зовнішнє навантаження, що діє в перерізі і викликає деформації стержня від перерізу до опори.

Таблиця 2

№ варіанта	A ₁ , см ²	A ₂ , см ²	A ₃ , см ²	L ₁ , м	L ₂ , м	L ₃ , м	F ₁ , кН	F ₂ , кН	F ₃ , кН
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	8	12	12	3	3	2	4	7	8
2	10	15	8	2	2,5	3	3	5	6
3	15	16	10	4	2	3,5	5	3	5
4	20	10	12	5	4	2	7	4	6
5	25	18	20	3,5	3	4	6	4	5
6	30	20	10	2,5	4	3,5	5	3	4
7	10	12	8	4,5	2,5	3	9	2	7
8	15	16	15	3	2	4	10	8	6
9	20	15	10	5	3,5	2,5	9	10	8
10	25	10	20	4	3	2	10	7	9
11	8	8	12	3	3	3	4	4	7
12	10	10	15	2	2	2,5	3	3	5
13	15	15	16	4	4	2	5	5	3
14	20	20	10	5	5	4	7	7	4
15	25	25	18	3,5	3,5	3	6	6	4
16	30	30	20	2,5	2,5	4	5	5	4
17	10	10	12	4,5	4,5	2,5	9	9	3
18	15	15	16	3	3	2	10	10	5
19	20	20	15	5	4	3,5	4	9	7

Продовження табл. 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	25	25	10	4	2,5	3	3	10	6
11	10	8	12	3	2	3	5	4	5
12	18	10	15	3	3,5	2,5	7	3	9
13	20	15	16	4	3	2	6	5	10
14	12	20	10	2,5	5	4	5	7	9
15	16	25	18	2	3,5	3	9	6	10
16	15	30	20	3,5	2,5	4	10	5	5
17	10	10	12	3	4,5	2,5	9	9	9
18	16	15	16	3	3	2	10	10	10
19	15	20	15	5	5	3,5	9	9	9
20	10	25	10	4	4	3	10	10	10

Таблиця 3

Матеріал	Сталь- 3	Мідь	Латунь	Бронза	Бетон	Дуб
Е, МПа	$2,1 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^5$	$0,9 \cdot 10^5$	$0,89 \cdot 10^5$	$0,18 \cdot 10^5$	$0,1 \cdot 10^5$
ρ , кН/м ³	78	89,4	85	85	24	5,3

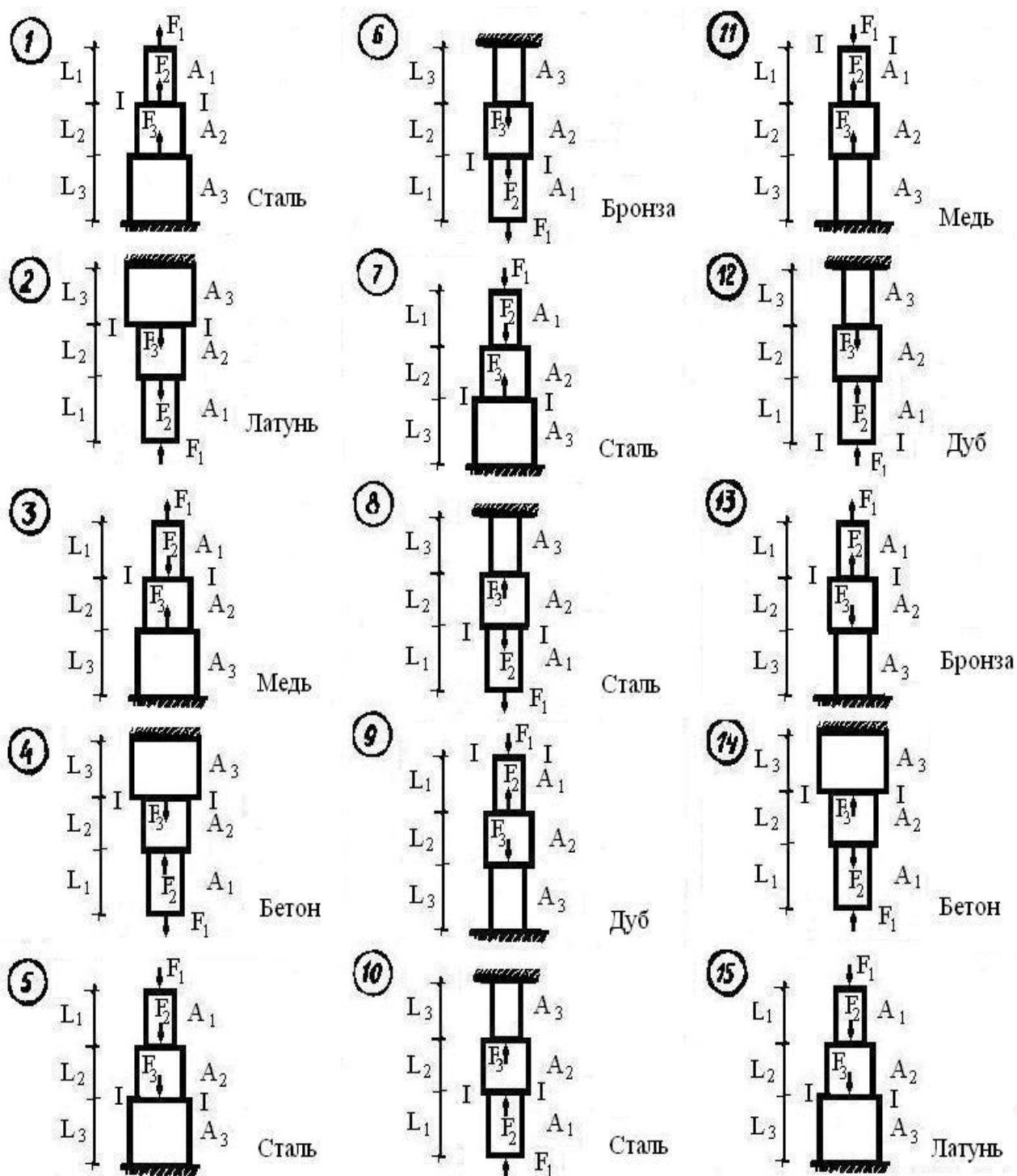


Рис. 2

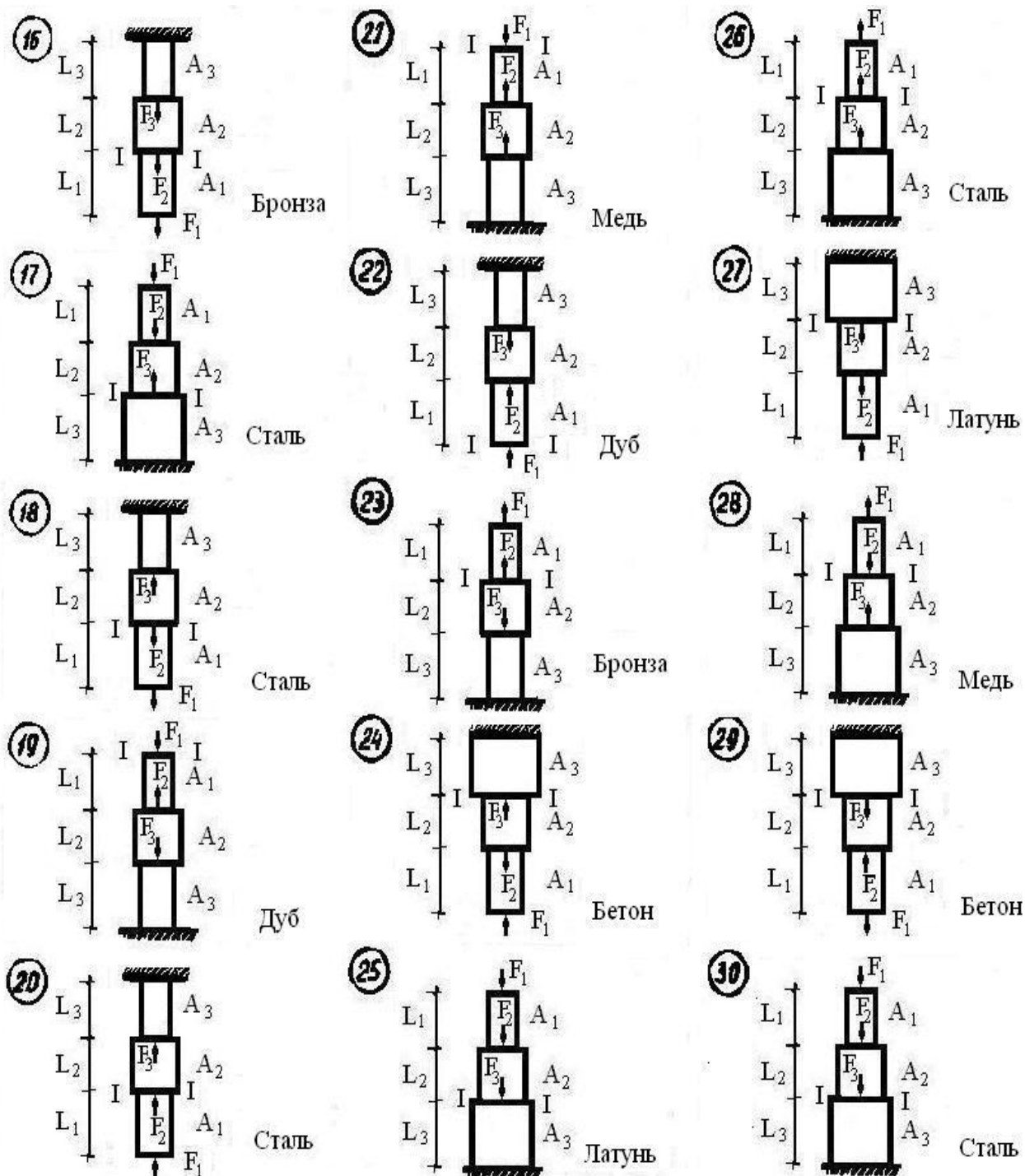


Рис. 2 – Продолжения

ЗАДАЧА 3. Розрахунок статично невизначених систем, що мають деформації розтягу й стиску

Абсолютно жорсткий брус (рис. 3) опирається на нерухому опору і прикріплений шарнірно до двох стержнів. Треба знайти зусилля і напруження в сталевих стержнях (в частинах сили F) ; знайти допустиме навантаження $F_{\text{доп}}$, коли найбільше напруження дорівнює допустимій $[\sigma]=160$ МПа.

Потрібні дані взяти з табл. 4.

Порядок вирішення

1. Накреслити розрахункову схему.

2. Записавши рівняння статичної рівноваги системи, знайти показник статичної невизначеності задачі, тобто кількість зайвих невідомих прирівняти до числа реальних рівнянь статички. Недостатньою умовою має бути рівняння сумісності деформацій (переміщень) стержня. Це рівняння разом з рівняннями статички (після визначення переміщень через зусилля за законом Гука) , визначає зусилля у стержнях в частках сили F .

3. За умовою міцності необхідно визначити напруження у стержнях в частках зовнішнього навантаження F і обмежити одержані напруження допустимими. Знайти допустимі навантаження для кожного стержня і, аналізуючи їх, визначити допустиме навантаження для всієї системи.

Таблиця 4

№ варіанта	A_1 , см ²	A_2 , см ²	a , м	b , м	c , м	d , м
1	2	3	4	5	6	7
1	20	30	1	4	3	4
2	10	20	2	3	2	3
3	15	10	3	2	1	2
4	10	15	4	1	4	1

Продовження табл. 2.

1	2	3	4	5	6	7
5	20	5	5	3	2	1
6	15	10	4	2	1	2
7	20	15	3	4	3	3
8	10	20	2	1	2	4
9	10	10	1	4	2	1
10	15	20	3	3	3	3
11	5	20	5	3	1	3
12	10	10	4	5	3	2
13	15	15	3	4	3	4
14	20	10	2	3	2	1
15	10	20	1	2	4	4
16	20	10	3	1	1	4
17	20	15	3	3	4	3
18	10	10	2	3	4	2
19	20	10	4	2	3	1
20	20	10	1	1	2	3
21	10	15	4	3	1	2
22	15	5	4	3	3	1
23	10	10	3	2	2	3
24	10	15	2	4	1	3
25	15	20	1	1	3	2
26	5	10	3	4	3	4
27	10	20	2	4	2	1
28	15	15	4	3	4	4
29	20	5	1	2	1	4
30	15	10	4	1	4	3

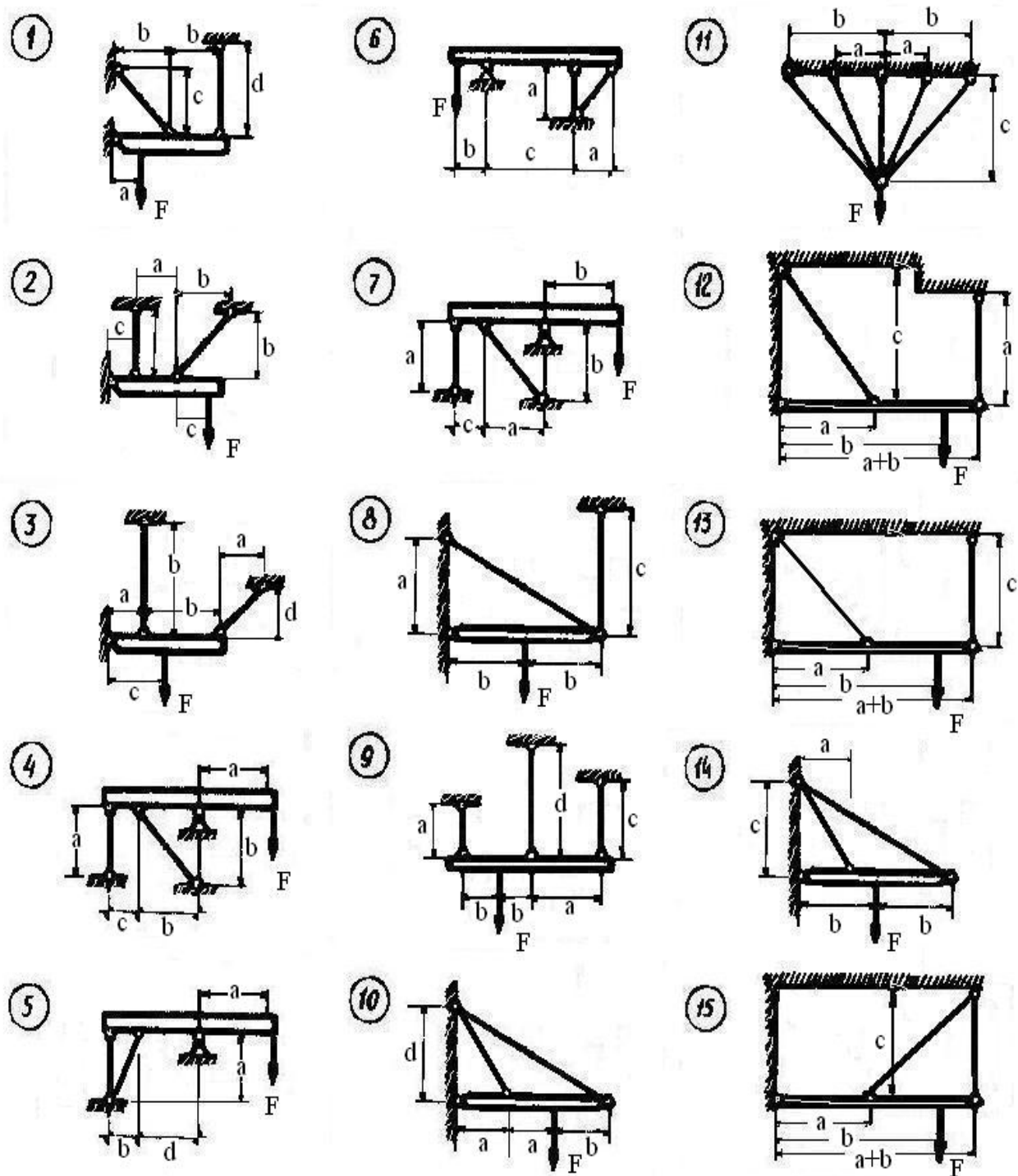


Рис. 3

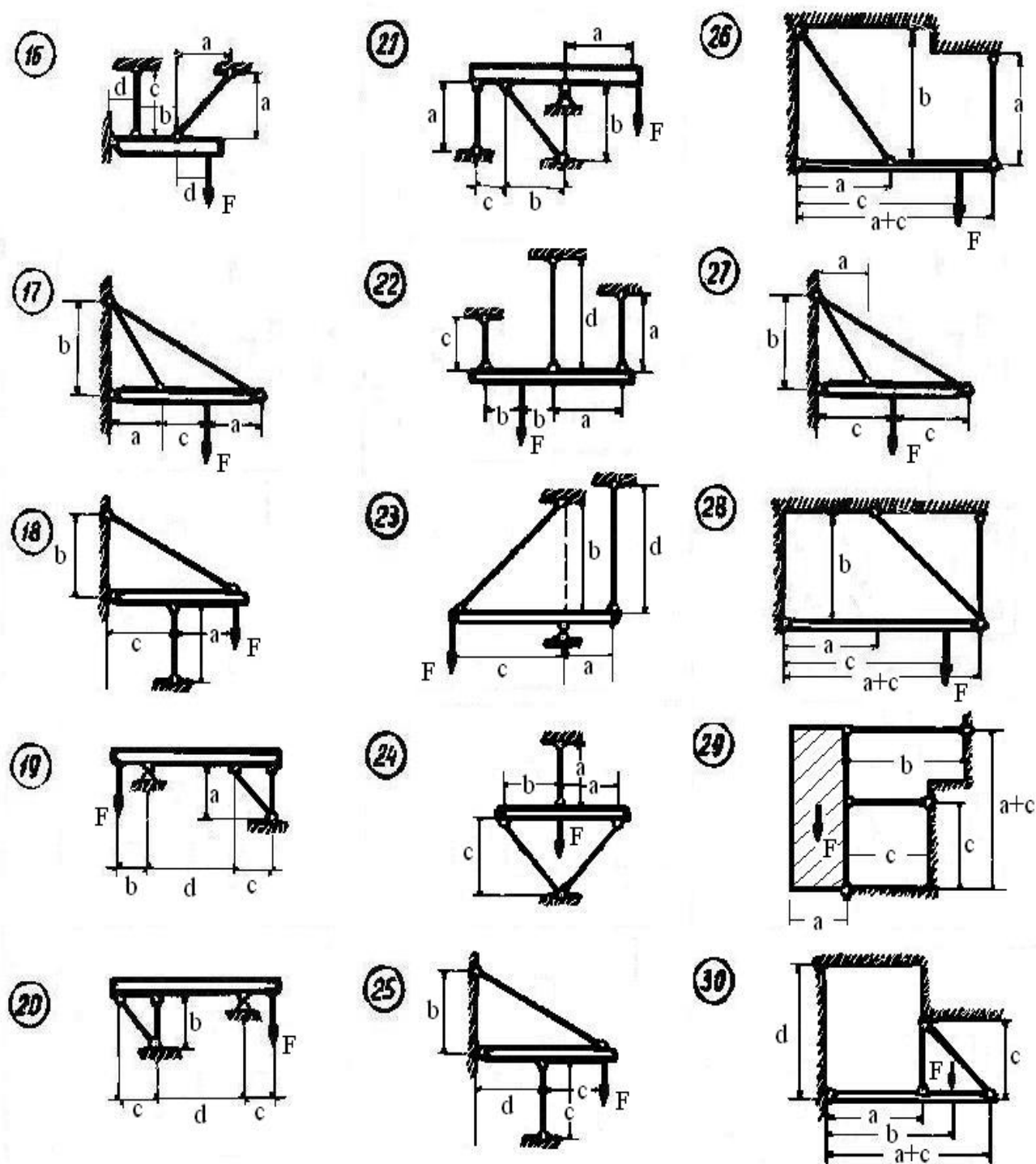


Рис. 3 – Продолжения

4. ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКІВ

Задача 1. Для вирішення цієї задачі складають систему лінійних алгебраїчних рівнянь – рівнянь рівноваги. Оскільки наведені схеми є статично визначеними, то кількість рівнянь співпадає з кількістю невідомих – зусиль в стернях конструкції.

Розв’язують систему алгебраїчних рівнянь з використанням ПЕОМ. Розрахунки виконують у програмі MS Excel пакету MS Office, або OpenOffice.org Calc пакету OpenOffice.org.

Для розв’язання системи алгебраїчних рівнянь використовують метод, згідно з яким рівняння записують у матричній формі:

$$[A] \cdot [X] = [B], \quad (1)$$

де $[A]$ – квадратна матриця коефіцієнтів при невідомих значеннях поперечної сили.

$[X]$ – матриця-стовпець невідомих,

$[B]$ – матриця-стовпець правих частин алгебраїчної системи рівнянь,

Якщо обидві частини рівняння (1) помножити зліва на обернену матрицю $[A]^{-1}$, отримаємо розв’язок:

$$[X] = [A]^{-1} \cdot [B]. \quad (2)$$

Таким чином, для отримання розв’язку системи алгебраїчних рівнянь (1) необхідно:

1) сформулювати матрицю коефіцієнтів $[A]$ і матрицю-стовпець правих частин $[B]$;

2) обчислити обернену матрицю $[A]^{-1}$;

3) отримати матрицю-стовпець шуканих значень зусиль в стернях $[X]$ як результат добутку оберненої матриці $[A]^{-1}$ на матрицю-стовпець правих частин $[B]$.

Це можна здійснити наступним чином:

- у комірки A1-D4 ввести значення матриці коефіцієнтів $[A]$;
- у комірки F1-F4 ввести значення матриці-стовпця правих частин $[B]$;

- встановити курсор на комірку A6, з якої буде починатися обернена матриця, і клацнути лівою кнопкою миші;
- клацнути на іконці " f_x " у стрічці формул, по якій викликається Майстер функцій;
- у вікні Майстра функцій вибрати у полі "Категорія" значення "Массив", у полі "Функции" відмітити функцію "INVERSE", яка обчислює обернену матрицю, і клацнути по кнопці "Далее";
- у центральній частині вікна Майстра функцій з'явиться поле, в яке треба ввести діапазон комірок початкової матриці [A]. Для цього можна клацнути на кнопку із стрілкою, що знаходиться праворуч даного поля (вона мінімізує розміри вікна Майстра функцій), помітити мишею або клавішами зі стрілками при натиснутій клавіші "Shift" комірки A1-D4 матриці коефіцієнтів, знов клацнути на кнопку зі стрілкою, що знаходиться праворуч поля (вона максимізує розміри вікна Майстра функцій);
- клацнути по кнопці "ОК" Майстра функцій. У комірках A6-D9 з'являться коефіцієнти оберненої матриці $[A]^{-1}$;
- встановити курсор на комірку F6, з якої буде починатися матриця-стовпець шуканих значень функцій напружень;
- клацнути на іконці " f_x " у стрічці формул, по якій викликається Майстер функцій;
- у вікні Майстра функцій вибрати у полі "Категория" значення "Массив", у полі "Функции" відмітити функцію "MMULT", яка обчислює добуток двох матриць, і клацнути по кнопці "Далее";
- у центральній частині вікна Майстра функцій з'являться два полі, у перше з яких треба ввести діапазон комірок оберненої матриці $[A]^{-1}$: A6–D9, а у друге - діапазон комірок матриці-стовпця правих частин [B]: F1-F4. Для цього потрібно послідовно в кожному з двох полів: клацнути на кнопку зі стрілкою, що знаходиться праворуч даного поля (вона мінімізує розміри вікна Майстра функцій), помітити мишею або клавішами зі стрілками при натиснутій клавіші

"Shift" потрібні комірки, знов клацнути на кнопку із стрілкою, що знаходиться праворуч поля (вона максимізує розміри вікна Майстра функцій);

- клацнути по кнопці "OK" Майстра функцій. У комірках F6-F9 з'являться результати розрахунків шуканих значень зусиль у стернях.

Задача 2. Алгоритм розрахунку реалізований у файлі "Колонна.xls". Відкривши цей файл за допомогою програми MS Excel пакету MS Office або OpenOffice.org Calc пакету OpenOffice.org, одержуємо на екрані монітора перший лист, на якому пропонується вибір: якщо закріплення знизу – відкрийте лист 2, зверху – лист 3.

За допомогою миші й клавіатури заносимо у відповідні комірки (D2-D3) характеристики матеріалу. Потім довжину ділянок, площу перерізу і зовнішні сили (комірки C7-C22), власну вага ділянок підраховуємо автоматично, відповідно до внесених значень, Слід пам'ятати, що розтягаючи сили вважаються додатними, стискаючи – від'ємними.

Значення у таблиці результатів одержують при введенні кожного чергового числа без додаткових дій оператора. Отже після введення останнього вихідного даного одразу наводиться результат розрахунку, як показано на рис. 4.

У стовпчику F виводиться поздовжня сила на границях ділянок, ці значення треба використовувати для побудови епюрі поздовжніх сил.

У стовпчику I виводиться значення нормальних напружень на границях ділянок для побудови епюрі.

У комірці F25 наведено значення переміщення вільного краю.

Задача 3. Цю задачу потрібно розв'язувати без допомоги технічних засобів. Розглянемо приклад розрахунку.

Абсолютно жорсткий брус BC спирається на шарнірну опору і шарнірно прикріплений до двох стержнів BD і CK (рис.5a). Визначити зусилля і напруження в стержнях (в частках від сили F), знайти допустиме навантаження F, користуючись умовами міцності при розтягу-стиску. Вихідні

дані $[\sigma]=160$ МПа, $\alpha=45^0$, $\ell_1=2$ м, $\ell_2=2,82$ м, $a=2$ м, $b=3$ м, $c=1$ м,
 $A_1=10\text{см}^2=1\cdot 10^{-3}\text{м}^2$, $A_2=20\text{см}^2=2\cdot 10^{-3}\text{м}^2$.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2		Плотность	го	78	кН/м ³										
3		Модуль упругости E		21000	кН/см ²										
4															
5						Продольная сила, кН			Напряжения, кН/см ²						
6		Участок 3				21.17			2.117						
7		L3=	5	м											
8		A3=	10	см ²											
9		F3=	4	кН											
10		G3=	0.39	кН		20.78			2.078						
11															
12		Участок 2				16.78			0.839						
13		L2=	3	м											
14		A2=	20	см ²											
15		F2=	6	кН											
16		G2=	0.468	кН		16.312			0.8156						
17															
18		Участок 1				10.312			1.0312						
19		L1=	4	м											
20		A1=	10	см ²											
21		F1=	10	кН											
22		G1=	0.312	кН		10			1						
23															
24															
25		Перемещение свободного края U=				0.081104	см								
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															
33															
34															
35															
36															

Рис. 4

Рішення. Переріжмо, стержні КС і ВD. Дію відкинутих частин системи замінимо зусиллями в стержнях N_1 і N_2 , спрямованими вздовж цих стержнів. Реакція опори А має горизонтальну складову H_A і вертикальну R_A , тому що ця опора обмежує вертикальні і горизонтальні переміщення точки А. Таким чином, маємо чотири невідомих, а рівнянь рівноваги для плоскої системи можна скласти тільки три. Отже, дана система один раз статично невизначена і для вирішення задачі треба скласти одне додатне рівняння, за умовою задачі необхідно визначати зусилля N_1 і N_2 сталених стержнів ВD і КС, а реакції H_A і R_A визначати непотрібно. Тому достатньо з трьох можливих рівнянь

рівноваги використати одне, до якого б не входили реакції H_A і R_A . Таким рівнянням є сума моментів всіх сил відносно шарніра A :

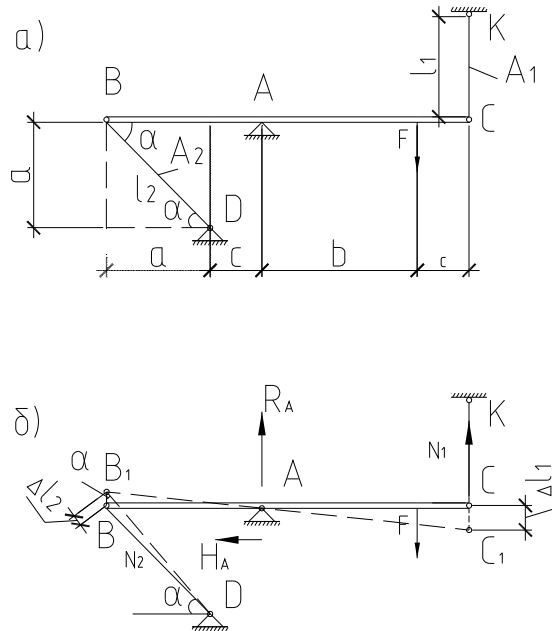


Рис. 5

$$\sum M_A = 0; \quad N_2 \sin \alpha (a + c) - F_b + N_1 (b + c) = 0. \quad (3)$$

Для складання додатнього рівняння розглянемо деформацію системи. На рис.5б штриховою лінією позначена вісь бруса після деформації системи. Ця вісь лишається прямолінійною (брус абсолютно жорсткий), не деформується, а лише може обернутись навколо точки A . Шарніри B і C після деформації переходять в положення B_1 і C_1 відповідно, тобто переміщуються вершинами. Із подібності трикутників BB_1A і CC_1A знаходимо:

$$\frac{BB_1}{BA} = \frac{CC_1}{AC}. \quad (4)$$

Подовження $\Delta L_1 = CC_1$, $\Delta L_2 = BB_1 \cdot \cos \alpha$, де $BB_1 = \frac{\Delta L_2}{\cos \alpha}$. (5)

Підставимо вираз (5) в (4): $\frac{\Delta L_2}{\cos \alpha (a + c)} = \frac{\Delta L_1}{b + c}$. (6)

$$\text{За законом Гука} \quad \Delta L_1 = \frac{N_1 L_1}{EA_1}; \quad \Delta L_2 = \frac{N_2 L_2}{EA_2}; \quad (7)$$

$$\text{і на підставі рівності (6) маємо: } \frac{N_2 L_2}{EA_2 \cos \alpha (a + c)} = \frac{N_1 L_1}{EA_1 (b + c)};$$

$$\text{або,} \quad N_2 L_2 A_1 (b + c) - N_1 L_1 A_2 \cos \alpha (a + c) = 0. \quad (8)$$

Вирішивши рівняння сумісності деформацій (8), з рівняння рівноваги (3) знайдемо значення поздовжніх сил N_1 і N_2 записані через навантаження F :

$$N_2 = N_2 \frac{L_1 A_2 \cos \alpha (a + c)}{L_2 A_1 (b + c)}; \quad (9)$$

$$N_1 \left(\frac{L_1 A_2 \cos \alpha (a + c)}{L_2 A_1 (b + c)} \right) \sin \alpha (a + c) + N_1 (b + c) = F \cdot b; \quad (10)$$

$$N_1 = \frac{F \cdot b}{K \sin \alpha (a + c) + (b + c)};$$

де

$$K = \frac{L_1 A_2 \cos \alpha (a + c)}{L_2 A_1 (b + c)}; \quad K = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \frac{\sqrt{2}}{2} (2 + 1)}{2,82 \cdot 10^{-3} (3 + 1)} = 0,75; \quad (11)$$

Підставивши (10) в (9) одержимо вираз:

$$N_2 = \frac{KFb}{K \sin \alpha (a + c) + (b + c)}. \quad (12)$$

Підставимо числові значення в одержані формули (10), (12):

$$N_1 = \frac{F \cdot 3}{\left(0,75 \frac{\sqrt{2}}{2} (2 + 1) + (3 + 1) \right)} = F \cdot 0,418; \quad N_2 = \frac{0,75 \cdot F \cdot 3}{\left(0,75 \frac{\sqrt{2}}{2} (2 + 1) + (3 + 1) \right)} = F \cdot 0,313;$$

Запишемо напруження в частках сили F :

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{0,418}{10^{-3}} \cdot F = 0,418 \cdot 10^3 F \text{ [кН / м}^2\text{]}, \quad \sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{0,313}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot F = 0,156 \cdot 10^3 F \text{ [кН / м}^2\text{]}$$

Так як перший стержень більш завантажений ($\sigma_1 > \sigma_2$) та користуючись умовою міцності, визначаємо допустиме навантаження:

$$\sigma_1 = 0,418 \cdot 10^{-3} F \leq [\sigma];$$

$$F_{\text{доп}} = \frac{160 \cdot 10^3}{418} = 0,382 \cdot 10^3 \text{ кН}.$$

5. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РГЗ

За розрахунково-графічне завдання (РГЗ) студент отримує максимальну оцінку, якщо воно виконане у відведений строк (3 тижні з моменту видачі завдання), з використанням комп'ютерної техніки, акуратно оформлене, містить аналіз отриманих результатів.

У разі виконання РГЗ без використання комп'ютера або затримки виконання на 2 тижні (з використанням комп'ютера) студент отримує 90% від максимальної оцінки. При виконанні РГЗ із затримкою більш ніж на 2 тижні студент отримує 80% від максимальної оцінки, із затримкою більше місяця - 60% від максимальної оцінки.

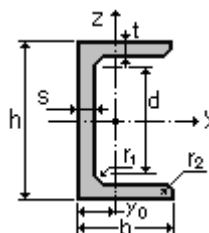
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. А.В. Дарков, Г.С. Шпиро. Соппротивление материалов. - М.: Высш. шк., 1975, 654 с.
2. Н.М. Беляев. Соппротивление материалов. - М., Л.: ГИТТЛ, 1951. - 856 с.
3. Соппротивление материалов. / Под общ. ред. Г.С. Писаренко. – К.: Вища школа, 1979, 696 с.
5. Піскунов В.Г., Феодоренко Ю.М., Шевченко В.Ю. та ін. Опір матеріалів з основами теорії пружності й пластичності. - К.: Вища школа, 1994, 423 с.
6. Чихладзе Е.Д. Опір матеріалів: Навч. посібник – Харків: УкрДАЗТ, 2002. – 362 с.

ДОДАТКИ

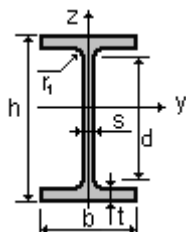
Додаток 1

Швеллер по ДСТУ 8240-89



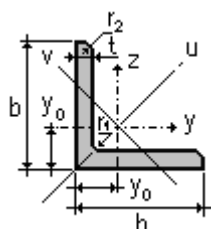
	h	b	s	t	r₁	r₂	A	P	I_y	W_y	i_y	S_y	y₀
	см	см	см	см	см	см	см²	Т/м	см⁴	см³	см	см³	см
8	8.00	4.0	0.45	0.74	0.65	0.25	8.98	0.007	89.4	22.4	3.160	23.300	1.310
10	10.0	4.6	0.45	0.76	0.70	0.30	10.9	0.009	174	34.8	3.990	20.400	1.440
12	12.0	5.2	0.48	0.78	0.75	0.30	13.3	0.010	304	50.6	4.780	29.600	1.540
14	14.0	5.8	0.49	0.81	0.80	0.30	15.6	0.012	491	70.2	5.600	40.800	1.670
16	16.0	6.4	0.50	0.84	0.85	0.35	18.1	0.014	747	93.4	6.420	54.100	1.800
18	18.0	7.0	0.51	0.87	0.90	0.35	20.7	0.016	1090	121.0	7.240	69.800	1.940
20	20.0	7.6	0.52	0.90	0.95	0.40	23.4	0.018	1520	152.0	8.070	87.800	2.070
22	22.0	8.2	0.54	0.95	1.00	0.40	26.7	0.021	2110	192.0	8.890	110.000	2.210
24	24.0	9.0	0.56	1.00	1.05	0.40	30.6	0.024	2900	242.0	9.730	139.000	2.420
27	27.0	9.5	0.60	1.05	1.10	0.45	35.2	0.028	4160	308.0	10.900	178.000	2.470
30	30.0	10.0	0.65	1.10	1.20	0.50	40.5	0.032	5810	387.0	12.000	224.000	2.520
40	40.0	11.5	0.80	1.35	1.50	0.60	61.5	0.048	15220	761.0	15.700	444.000	2.750

Двутавр по ДСТУ 8239-89



h	b	s	t	r ₁	r ₂	A	P	I _y	W _y	i _y	S _y	
см	см	см	см	см	см	см ²	Т/м	см ⁴	см ³	см	см ³	
10	10.0	5.5	0.450	0.720	0.700	0.250	12.0	0.009	198.0	39.700	4.060	23.000
12	12.0	6.4	0.480	0.730	0.750	0.300	14.7	0.012	350.0	58.400	4.880	33.700
14	14.0	7.3	0.490	0.750	0.800	0.300	17.4	0.014	572.0	81.700	5.730	46.800
16	16.0	8.1	0.500	0.780	0.850	0.350	20.2	0.016	873.0	109.000	6.570	62.300
18	18.0	9.0	0.510	0.810	0.900	0.350	23.4	0.018	1290.0	143.000	7.420	81.400
20	20.0	10.0	0.520	0.840	0.950	0.400	26.8	0.021	1840.0	184.000	8.280	104.000
22	22.0	11.0	0.540	0.870	1.000	0.400	30.6	0.024	2550.0	232.000	9.130	131.000
24	24.0	11.5	0.560	0.950	1.050	0.400	34.8	0.027	3460.0	289.000	9.970	163.000
27	27.0	12.5	0.600	0.980	1.100	0.450	40.2	0.032	5010.0	371.000	11.200	210.000
30	30.0	13.5	0.650	1.020	1.200	0.500	46.5	0.037	7080.0	472.000	12.300	268.000
33	33.0	14.0	0.700	1.120	1.300	0.500	53.8	0.042	9840.0	597.000	13.500	339.000
36	36.0	14.5	0.750	1.230	1.400	0.600	61.9	0.049	13380	743.000	14.700	423.000
40	40.0	15.5	0.830	1.300	1.500	0.600	72.600	0.057	19062	953.000	16.200	545.000
45	45.0	16.0	0.900	1.420	1.600	0.700	84.700	0.067	27696	1231.00	18.100	708.000
50	50.0	17.0	1.000	1.520	1.700	0.700	100.00	0.078	39727	1589.00	19.900	919.000
55	55.0	18.0	1.100	1.650	1.800	0.700	118.00	0.093	55962	2035.00	21.800	1181.00
60	60.0	19.0	1.200	1.780	2.000	0.800	138.00	0.108	76806	2560.00	23.600	1491.00

Уголок равнобокий по ДСТУ 8509-93



	b	t	r₁	r₂	A	I_y=I_z	W_y	i_y	I_u	i_u	I_v	W_v	i_v	I_{yz}	y₀	P
	см	см	см	см	см ²	см ⁴	см ³	см	см ⁴	см	см ⁴	см ³	см	см ⁴	см	Т/м
L50x5	5.000	0.500	0.550	0.180	4.800	11.20	3.130	1.530	17.77	1.920	4.630	2.300	0.980	6.570	1.420	0.004
L63x5	6.300	0.500	0.700	0.230	6.130	23.10	5.050	1.940	36.80	2.440	9.520	3.870	1.250	13.70	1.740	0.005
L70x5	7.000	0.500	0.800	0.270	6.860	31.94	6.270	2.160	50.67	2.720	13.22	4.920	1.390	18.70	1.900	0.005
L75x6	7.500	0.600	0.900	0.300	8.780	46.57	8.570	2.300	73.87	2.900	19.28	6.620	1.480	27.30	2.060	0.007
L80x6	8.000	0.600	0.900	0.300	9.380	56.97	9.800	2.470	90.40	3.110	23.54	7.600	1.580	33.40	2.190	0.007
L90x6	9.000	0.600	1.000	0.330	10.61	82.10	12.49	2.780	130.0	3.500	33.97	9.880	1.790	48.10	2.430	0.008
L90x7	9.000	0.700	1.000	0.330	12.28	94.30	14.45	2.770	149.7	3.490	38.94	11.15	1.780	55.40	2.470	0.010
L100x7	10.00	0.700	1.200	0.400	13.75	130.6	17.90	3.080	207.0	3.880	54.16	14.13	1.980	76.40	2.710	0.011
L100x8	10.00	0.800	1.200	0.400	15.60	147.2	20.30	3.070	233.5	3.870	60.92	15.66	1.980	86.30	2.750	0.012
L110x8	11.00	0.800	1.200	0.400	17.20	198.2	24.77	3.390	314.5	4.280	81.83	19.29	2.180	116.0	3.000	0.013
L125x8	12.50	0.800	1.400	0.460	19.69	294.4	32.20	3.870	466.8	4.870	122.0	25.67	2.490	172.0	3.360	0.015
L125x9	12.50	0.900	1.400	0.460	22.00	327.5	36.00	3.860	520.0	4.860	135.9	28.26	2.480	192.0	3.400	0.017
L140x9	14.00	0.900	1.400	0.460	24.72	465.7	45.55	4.340	739.4	5.470	192.0	35.92	2.790	274.0	3.780	0.019
L140x10	14.00	1.000	1.400	0.460	27.33	512.3	50.32	4.330	813.6	5.460	211.0	39.05	2.780	301.0	3.820	0.021
L160x10	16.00	1.000	1.600	0.530	31.43	774.2	66.19	4.960	1229	6.250	319.4	52.52	3.190	455.0	4.300	0.025
L160x11	16.00	1.100	1.600	0.530	34.42	844.2	72.44	4.950	1340	6.240	347.8	56.53	3.180	496.0	4.350	0.027
L160x16	16.00	1.600	1.600	0.530	49.07	1175	102.6	4.890	1865	6.170	484.6	75.92	3.140	690.0	4.550	0.039
L180x11	18.00	1.100	1.600	0.530	38.80	1216	92.47	5.600	1933	7.060	499.8	72.86	3.590	716.0	4.850	0.030
L180x12	18.00	1.200	1.600	0.530	42.19	1316	100.4	5.590	2092	7.040	540.4	78.15	3.580	776.0	4.890	0.033
L200x12	20.00	1.200	1.800	0.600	47.10	1822	124.6	6.220	2896	7.840	749.4	98.68	3.990	1073	5.370	0.037
L200x14	20.00	1.400	1.800	0.600	54.60	2097	144.2	6.200	3333	7.810	861.0	111.5	3.970	1236	5.460	0.043
L200x25	20.00	2.500	1.800	0.600	94.29	3466	245.6	6.060	5494	7.630	1438	172.7	3.910	2028	5.890	0.074
L200x30	20.00	3.000	1.800	0.600	111.5	4019	288.5	6.000	6351	7.550	1698	193.0	3.890	2332	6.070	0.088
L220x16	22.00	1.600	2.100	0.700	68.58	3175	198.7	6.800	5045	8.580	1305	153.3	4.360	1869	6.020	0.054
L250x16	25.00	1.600	2.400	0.800	78.40	4717	258.4	7.760	7492	9.780	1942	203.4	4.980	2775	6.750	0.062
L250x20	25.00	2.000	2.400	0.800	96.96	5764	318.6	7.710	9159	9.720	2370	242.5	4.940	3395	6.910	0.076

Навчальне видання

Методичні вказівки до самостійної роботи та виконання розрахунково-графічного завдання “Розтяг-стиск” з курсу опору матеріалів (для студентів 2 курсу денної форми навчання спеціальностей 6.092100 - «Міське будівельне господарство», 6.092100 - «Теплогазопостачання», 6.092100 - «Технічне обслуговуване, ремонт та реконструкція будівель»)

Укладачі: Наталя Василівна Середа,

Олександр Олексійович Чупринін

Відповідальний за випуск: Л.С.Андрієвська

Редактор М.З.Аляб'єв

План 2008, поз. 168М

Підп. до друку 30.05.08
Друк на ризографі
Тираж 150 прим.

Формат 60*84 1/16
Умовн.-друк. арк. 1,2
Замовл. №

Папір офісний
Обл.-вид. арк. 1,7

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12
Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ